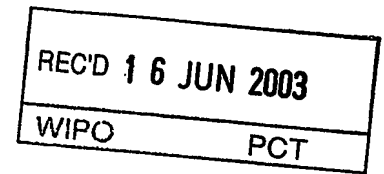


# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 14 618.7

**Anmeldetag:** 03. April 2002

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels  
eines Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des  
elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens

**IPC:** C 25 F, C 25 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. April 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Agurks

28.03.02 Saile

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels eines  
Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des elektrochemischen  
Bearbeitungsverfahrens

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Bearbeiten  
mittels eines Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des  
elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens, nach dem  
Oberbegriff des Hauptanspruchs.

20

Bei einem derartigen Verfahren zum Bearbeiten von  
Werkstücken mittels eines Bearbeitungsverfahrens, wobei es  
sich um das elektrochemische Bearbeitungsverfahren handeln  
kann, wird eine Spannung zwischen einer Elektrode und einem  
Werkstück angelegt. Durch die angelegte Spannung wird ein  
Stromfluss zwischen der Elektrode und dem Werkstück durch  
ein Arbeitsmedium - wobei es sich bei der elektrochemischen  
Materialbearbeitung um eine Elektrolytlösung handelt -  
erzeugt, wodurch Material abgetragen oder aufgetragen wird.

30

Um sicherzustellen, dass zwischen dem Werkstück und der  
Elektrode kein Kurzschluss besteht, wird zuerst eine kleine  
Prüfspannung angelegt und der dabei fließende Strom  
gemessen. Wird ein vorgegebener Wert nicht überschritten,  
kann die Bearbeitung beginnen. Hierzu wird die Spannung

35

schlagartig erhöht. Dies führt zu einem großen Anfangsstrom, da der Spalt bzw. der Abstand zwischen dem Werkstück und der Elektrode noch sehr gering ist. Die Elektrode wird während der Bearbeitung relativ zum Werkstück nicht bewegt. Dadurch nimmt der Spalt bzw. der Abstand während der Bearbeitung durch den Materialabtrag zu. Daher steigt auch der Widerstand im Spalt an, und der Strom nimmt im Laufe der Bearbeitung stark ab. Der Strom ändert sich somit während der Bearbeitung in einem recht großen Bereich. Dadurch kann aber auch die Maßhaltigkeit und die Güte der zu bearbeitenden Stelle stärker variieren. Außerdem wird auch die Elektrode stark belastet und der Verschleiss nimmt zu.

Aus der DE 40 40 590 C1 ist ebenfalls ein Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels des elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens bekannt, bei dem eine Spannung zwischen mindestens einer Elektrode und mindestens einem Werkstück angelegt wird, so dass zum Abtragen von Material ein Strom zwischen der mindestens einen Elektrode und dem mindestens einen Werkstück durch die insbesondere einer Elektrolytlösung fließt. In diesem Fall wird der Strom geregelt. Das heißt, dass die Spannung entsprechend der Vorgabe für den eingestellten Stromwert eingestellt wird. Besonders bei mehreren parallel zu bearbeitenden Werkstücken kann hier der Fall eintreten, dass beispielsweise bei einem Werkstück der Widerstand zur Elektrode wesentlich geringer ist als bei den anderen. Als Folge fließt ein entsprechend hoher Strom durch dieses Werkstück und es besteht die Gefahr, dass zuviel Material abgetragen wird. Die anderen Werkstücke hingegen werden dann nicht ausreichend bearbeitet. Die elektrochemische Bearbeitung mit einer Stromregelung sollte daher auf Bearbeitungen von einem Werkstück beschränkt bleiben.

Es gibt daneben noch elektrochemische Bearbeitungen, bei denen die Elektrode bewegt wird, so dass der Abstand zwischen der Elektrode und dem Werkstück konstant bleibt. Dadurch bleibt der Widerstand zwischen der Elektrode und dem Werkstück ungefähr konstant und somit auch der Strom.

#### Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Bearbeiten mittels eines Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens, mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass bei der Überwachung des Stromes wesentlich engere Grenzen festgelegt werden können, in denen sich der Strom bewegt. Dies hat auch eine höhere Maßhaltigkeit der Werkstücke zur Folge. Außerdem ist der maximale Strom, der durch die Elektrode fließt, geringer. Dadurch erwärmt sie sich weniger, was zu einer Erhöhung der Standzeit führt. Erreicht wird dies dadurch, dass die Spannung nach dem Prüfzyklus über eine Rampe auf einen vorgegebenen Wert erhöht wird. Der Strom folgt diesem Anstieg und verändert sich in wesentlich engeren Grenzen.

Es ist vorteilhaft, den Spannungsverlauf während der Bearbeitung vorzugeben, den Strom zu messen und mit einem vorgegebenen Bereich, der durch einen unteren Grenzwert und einen oberen Grenzwert gebildet wird, zu vergleichen. Die Bearbeitung sollte abgebrochen werden, wenn der gemessene Strom außerhalb des mindestens einen vorgegebenen Bereichs liegt. Dadurch können Beschädigungen durch zu hohe Ströme oder fehlerhafte Teile durch zu geringe Bearbeitung vermieden werden.

In einer Weiterbildung kann die Spannung nach Erreichen des ersten Wertes über eine Rampe auf einen größeren Wert erhöht

oder auf einen niedrigeren Wert gesenkt werden. Durch die richtige Wahl der Rampen, kann ein relativ konstanter Stromverlauf erzielt werden.

5 Werkstücke, die nach der Bearbeitung in Ordnung sind,  
zeichnen sich durch einen bestimmten Widerstandsbereich, der  
abhängig von der Größe des Spalts zwischen Elektrode und  
Werkstück und dem Arbeitsmedium dazwischen ist, aus. Dies  
10 hat auch einen bestimmten Bereich zur Folge, in dem der  
Strom liegen muss. Diesen Umstand kann man sich für eine  
Qualitätskontrolle zu Nutze machen, indem man den am Ende  
der Bearbeitung gemessenen Strom mit einem zweiten  
vorgegebenen Bereich vergleicht, der kleiner ist als ein  
während der Bearbeitung vorgegebener Bereich. Liegt der  
15 Strom in diesem Bereich, ist das Werkstück in Ordnung.

Was für das Ende der Bearbeitung gilt, lässt sich auch für  
den Beginn der Bearbeitung nutzen. Vor der Bearbeitung muss  
der Widerstand im Spalt zwischen der Elektrode und dem  
20 Werkstück ebenfalls in einem bestimmten Bereich liegen,  
damit bei einer vorgegeben Zeit für die Bearbeitung bei  
einem vorgegebenen Spannungsverlauf der erforderliche Strom  
fließt. Ist der Widerstand zu hoch, ist das Ergebnis am  
Ende, insbesondere bei einer Bearbeitung mit einer  
vorgegebenen Zeit, eine zu geringe Bearbeitung. Ist der  
Widerstand zu niedrig, wird zuviel Material ab- oder  
aufgetragen. Misst man also während des Prüfvorgangs den  
Strom und vergleicht ihn mit einem vorgegebenen Bereich,  
30 weiß man, ob die Bearbeitung voraussichtlich gute Teile  
liefern wird oder ob sie - beim Überschreiten oder  
Unterschreiten dieses Bereiches - abgebrochen werden muss.

Es ist besonders vorteilhaft, mehrere Werkstücke parallel zu  
bearbeiten und den Strom durch jedes Werkstück zu messen.

Außerdem lässt sich das Verfahren besonders gut für Bearbeitungen mit einer Elektrode, die bei der Bearbeitung relativ zum Werkstück nicht bewegt wird, verwenden.

5 Weitere Vorteile und vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Bearbeiten mittels eines Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens, ergeben sich aus den Unteransprüchen und der Beschreibung.

10 Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher  
15 erläutert. Es zeigen Figur 1 den graphischen Verlauf der Spannung und des Stromes bei einer elektrochemischen Materialbearbeitung über der Zeit und Figur 2 den graphischen Verlauf der Spannung und des Stromes bei einer zweiten elektrochemischen Materialbearbeitung über der Zeit.

20 Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Das Prinzip der elektrochemischen Materialbearbeitung beruht darauf, dass an zwei Elektroden, welche sich in einer als Arbeitsflüssigkeit verwendeten wässrigen Elektrolytlösung befinden, eine Gleichspannung angelegt wird. Dazu wird das zu behandelnde Werkstück mit Hilfe eines Übertragungselements mit dem Pluspol (Anode) einer Stromquelle verbunden, während eine als Werkzeug dienende  
30 Elektrode aufgrund ihrer elektrisch leitenden Eigenschaften mit dem Minuspol (Kathode) der Stromquelle verbunden wird.

Die Zusammensetzung der Elektrolytlösung ist abhängig vom Material des zu bearbeitenden Bauteils. Bei Metallen z. B.  
35 wird eine Natriumchlorid- oder eine Natriumnitratlösung

gewählt. Der elektrochemische Prozeß an sich ist aus der Physik bekannt und somit hier nicht näher erläutert. Die Arbeitsweise ist neben der Zusammensetzung der Elektrolytlösung auch von der verwendeten Stromstärke abhängig, die wiederum auf das Material des zu bearbeitenden Werkstücks abzustimmen ist.

In der Figur 1 ist der Verlauf der Spannung und des Stroms während einer elektrochemischen Bearbeitung eines Werkstücks über der Zeit dargestellt. Die obere Linie stellt die Spannung dar und die untere den Strom.

Bei der vorliegenden Erfindung handelt es sich um eine Bearbeitung, bei der die Elektrode oder mehrere Elektroden bei der Bearbeitung relativ zum Werkstück oder den Werkstücken nicht bewegt werden, wobei dieser Fall auch denkbar ist.

Für die verwendeten Abkürzungen in der Figur 1 gilt:

$U_{\text{Prüf}}$ : Dies ist eine Prüfspannung, die am Anfang des Prozesses angelegt wird. Anhand der Prüfspannung  $U_{\text{Prüf}}$  wird ein Kurzschluss zwischen dem Werkstück und der Elektrode frühzeitig erkannt. Die Prüfspannung  $U_{\text{Prüf}}$  wird vor jedem Bearbeitungsvorgang angelegt; der Bereich liegt beispielsweise zwischen 2V und 5V. Zur gültigen Prüfung muss das Anliegen der Prüfspannung an den Werkstücken überprüft werden.

$I_{\text{Prüfmax}}$ : Dies ist ein maximaler Strom, der beim Anliegen der Prüfspannung  $U_{\text{Prüf}}$  fließen darf. Sollte der tatsächliche Strom  $I_{\text{Prüfmax}}$  diesen Sollwert überschreiten, so gilt die Prüfung als nicht erfolgreich. Der Bereich des Stromes  $I_{\text{Prüfmax}}$  liegt beispielsweise bei 2A bis 5A.

$t_{\text{prüf}}$ : Dies ist die Zeit, während der die Prüfspannung  $U_{\text{prüf}}$  anliegt.

5  $U_1$ : Dies ist ein Spannungswert, der nach erfolgreicher Prüfung unter Berücksichtigung der Zeit  $t_{U_1}$  als nächstes über eine Rampe angefahren wird; d.h. es findet ein sukzessiver Spannungsanstieg statt. Eine Rampe kann im vorliegenden Fall stetig verlaufen oder in kleinen Spannungsstufen.

10  $t_{U_1}$  : Dies ist die Zeit für den Prozess vom Ende der Prüfung bis zum Erreichen des Spannungswertes  $U_1$ .

15  $U_2$ : Dies ist der Spannungsendwert des Prozesses. Besteht eine Differenz zwischen  $U_1$  und  $U_2$ , erfolgt hier eine sukzessive Spannungsänderung abhängig von der Zeit  $t_{U_2}$  ebenfalls entlang einer Rampe.

20  $t_{U_2}$ : Dies ist die Zeit für den Prozess vom Erreichen von  $U_1$  bis zum Erreichen des Spannungsendwertes  $U_2$ .

$I_{\text{min}}$ : Dies ist ein unterer Stromgrenzwert während der eigentlichen Bearbeitung bzw. während der Zeit  $t_{U_2}$ . Unterschreitet der Strom während der Bearbeitung, wenn sich die Spannung von  $U_1$  auf  $U_2$  erhöht, diesen Stromwert  $I_{\text{min}}$  so wird die Bearbeitung des Werkstückes abgebrochen. Nach einer vorgegebenen Zahl an derartigen Fehlern wird die Bearbeitung stillgesetzt.

30  $I_{\text{max}}$ : Dies ist der obere Stromgrenzwert für der Zeit  $t_{U_2}$ . Überschreitet der Strom während des Prozesses bzw. beim Übergang von  $U_{\text{prüf}}$  nach  $U_1$  nach  $U_2$  diesen Wert, so wird unverzüglich die Spannungsquelle abgeschaltet.



Bearbeitungsstatus Grenzwert max/min: Dies ist ein Fenster oder Bereich gegen Ende, zum Beispiel wenige Sekunden vor dem Ende, oder am Ende der Bearbeitung. Hier wird überprüft, ob der Strom in dem mit Bearbeitungsstatus Grenzwert max/min festgelegten Fenster liegt. Dadurch kann auf die Werkstückgeometrie geschlossen werden. Die Grenzwerte sind mitentscheidend für Maßhaltigkeit und Güte der Werkstücke.

Bei dem Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels des elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens wird eine Spannung zwischen mindestens einer Elektrode und mindestens einem Werkstück angelegt. Beim vorliegenden Verfahren können leicht mehrere Werkstücke parallel bearbeitet werden. Zum Abtragen von Material fließt Strom zwischen der Elektrode und dem Werkstück durch die Elektrolytlösung. Wichtig ist, dass die Spannung zur Bearbeitung des Werkstücks die Steuerungs- oder Führungsgröße ist. Dieser vorgegebenen Größe folgt der Strom und wird dabei überwacht. Es ist also ein spannungsgeführter Prozess. Wird der Strom bei mehreren parallel zu bearbeitenden Werkstücken an jedem Werkstück überwacht, ist eine gute Bearbeitung aller Werkstücke gewährt.

Die Spannung, die gegebenenfalls auch unter Auslassen des Prüfvorganges eingestellt wird, darf nicht schlagartig erhöht werden. Sie muss vielmehr über eine Rampe auf den vorgegebenen Wert  $U_1$ , bei dem dann eine nennenswerte Bearbeitung erfolgt, erhöht werden. Dadurch entsteht keine Stromspitze, wodurch die Elektrode geschont wird. Außerdem bewegt sich der Strom während der eigentlichen Bearbeitungszeit  $t_{U2}$  in engeren Grenzen.

Nach Erreichen des Wertes  $U_1$  wird die Spannung über eine Rampe auf den größeren Wert  $U_2$  erhöht. Die Rampe bzw. der Spannungsanstieg wird so vorgegeben, dass der Strom

möglichst konstant bleibt. Es ist aber auch möglich, dass die Spannung konstant bleibt oder nach Erreichen des Wertes  $U_1$  über eine Rampe auf einen niedrigeren Wert gesenkt wird. Dies ist zum Beispiel sinnvoll bei Prozessen, bei denen Material aufgetragen wird und der Abstand zwischen einem Werkstück und einer Elektrode abnimmt. Wichtig hierbei sind auch die Grenzwerte  $I_{\min}$  und  $I_{\max}$ , mit denen der Strom verglichen wird. Um eine Beschädigung der Werkstücke zu vermeiden, wird die Bearbeitung abgebrochen, wenn der gemessene Strom außerhalb des durch die Grenzwerte  $I_{\min}$  und  $I_{\max}$  vorgegebenen Bereichs liegt. Über- oder unterschreitet der Strom am Ende des Prüfvorgangs den vorgegebenen Bereich, sollte auch die Bearbeitung abgebrochen werden.

Auch ist es möglich, nach dem Erreichen der Spannung  $U_2$  weitere derartige Bearbeitungsstufen anzuschließen.

$I_{\min}$  und  $I_{\max}$  können feste Werte während des Gesamtprozesses beginnend mit  $t_{U1}$  bis Prozessende sein sowie als Variable für jede Bearbeitungsstufe definiert werden; d.h., dass sie sich über der Zeit ändern können.

In der Figur 2 ist eine Bearbeitung mit einer zusätzlichen Überprüfung dargestellt. Gegen Ende des Prüfvorgangs ist ein weiteres Fenster erkennbar. Dieses Fenster wird durch einen oberen Stromwert und einen unteren Stromwert gebildet. Der obere Strom ist niedriger als der maximal zulässige Stromwert  $I_{\text{prüfmax}}$ . Liegt der Strom bei der Spannung  $U_{\text{prüf}}$  gegen Ende des Prüfvorgangs in dem Fenster, bedeutet dies, dass der Gesamtwiderstand, der durch die Leitungen, das Werkstück die Elektrode etc. sowie insbesondere den mit der Elektrolytlösung gebildeten Arbeitsspalt zwischen dem Werkstück und der Elektrode einen richtigen Wert hat oder in einem vorgegebenen Bereich liegt. Durch diesen Wert oder Bereich, der zum Beispiel durch Referenzmessungen

ermittelbar oder rechnergestützt berechenbar ist, lässt sich schließen, dass sich bei einem vorgegebenen Spannungsverlauf ein bestimmter Stromverlauf und somit am Ende ein bestimmter Bearbeitungsgrad einstellen muss. Dadurch ist es sogar denkbar, auf den Vergleich des Stromes mit dem Bereich „Bearbeitungsstatus Grenzwert max/min“ am Ende der Bearbeitung zu verzichten.

Das beschriebene Verfahren ist nicht nur auf die elektrochemische Materialbearbeitung mit einer Elektrolytlösung als Arbeitsmedium beschränkt. Möglich ist die Anwendung des Verfahrens auch auf die galvanische, elektroerosive oder funkenerosive Bearbeitung eines Werkstücks, das Beschichten eines Werkstückes oder dergleichen, bei dem ggf. ein anderes Arbeitsmedium verwendet wird. Auch muss nicht nur Material abgetragen werden. Es sind auch Verfahren denkbar, bei denen Material aufgetragen wird.

5 28.03.02 Saile

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Ansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels eines Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens, bei dem eine Spannung zwischen  
15 mindestens einer Elektrode und mindestens einem Werkstück angelegt wird, so dass zum Abtragen oder Auftragen von Material ein Strom zwischen der mindestens einen Elektrode und dem mindestens einen Werkstück durch ein Arbeitsmedium, insbesondere einer Elektrolytlösung, fließt, wobei die  
20 Spannung zur Bearbeitung des mindestens einen Werkstücks erhöht und der Strom überwacht wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung über eine Rampe auf einen vorgegebenen Wert ( $U_1$ ) zur Bearbeitung des Werkstücks erhöht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung nach Erreichen des ersten Wertes ( $U_1$ ) über eine Rampe auf einen größeren Wert ( $U_2$ ) erhöht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
30 die Spannung nach Erreichen des ersten Wertes ( $U_1$ ) über eine Rampe auf einen niedrigeren Wert gesenkt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung nach Erreichen des ersten Wertes ( $U_1$ ) über eine Rampe auf einen größeren Wert ( $U_2$ ) so  
35

erhöht wird oder über eine Rampe auf einen niedrigeren Wert so gesenkt wird, dass ein im Wesentlichen konstanter Stromverlauf erzielt wird.

5 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Spannungsverlauf während der Bearbeitung vorgegeben wird und dass der Strom gemessen und mit mindestens einem vorgegebenen Bereich, der durch einen unteren Grenzwert ( $I_{\min}$ ) und einen oberen Grenzwert ( $I_{\max}$ ) gebildet wird, verglichen wird.

10 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitung abgebrochen wird, wenn der gemessene Strom außerhalb des mindestens einen vorgegebenen Bereichs liegt.

15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein gegen oder am Ende der Bearbeitung gemessener Strom mit einem zweiten vorgegebenen Bereich verglichen wird, der vorzugsweise kleiner ist als ein während der Bearbeitung vorgegebener Bereich.

20 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass am Ende des Prüfvorgangs der Strom mit einem vorgegebenen Bereich verglichen wird und der Prozess beim Überschreiten oder Unterschreiten dieses Bereiches abgebrochen wird.

30 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Werkstücke parallel bearbeitet werden und der Strom durch jedes Werkstück gemessen wird.

35 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Elektrode bei der Bearbeitung relativ zum mindestens einen Werkstück nicht bewegt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass während des Prüfvorgangs der Strom mit einem vorgegebenen Bereich verglichen wird.

5

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozess beim Überschreiten oder Unterschreiten des Bereichs abgebrochen wird.

10

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Erhöhung der Spannung ( $U_1$ ) zur Bearbeitung des Werkstücks ein Prüfvorgang mit einer Prüfspannung ( $U_{\text{Prüf}}$ ) durchgeführt wird.

28.03.02 Saile

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels eines  
Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des elektrochemischen  
Bearbeitungsverfahrens

Zusammenfassung

15

20

30

Es wird ein Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mittels eines Bearbeitungsverfahrens, insbesondere des elektrochemischen Bearbeitungsverfahrens, vorgeschlagen. Hierbei wird eine zwischen einer Elektrode und einem Werkstück angelegt, so dass zum Abtragen oder Auftragen von Material ein Strom zwischen der Elektrode und dem Werkstück durch ein Arbeitsmedium, insbesondere einer Elektrolytlösung, fließt. Die Spannung zur Bearbeitung des mindestens einen Werkstücks wird erhöht und der Strom überwacht. Die Spannung wird über eine Rampe auf einen vorgegebenen Wert ( $U_1$ ) erhöht. Dadurch können für den Stromverlauf während der Bearbeitung wesentlich engere Grenzen festgelegt werden. Dies hat auch engere Grenzen für die Maßhaltigkeit und eine höhere Güte der Werkstücke zur Folge. Außerdem ist die Belastung der Elektrode geringer.

(Figur 1)

1/1

